



# archiwum medycyny sądowej i kryminologii

Praca oryginalna  
Original paper

Przemysław Pękala<sup>1</sup>, Grzegorz Kielbasa<sup>1</sup>, Katarzyna Bogucka<sup>1</sup>, Alina Cempa<sup>1</sup>, Marta Olszewska<sup>1</sup>,  
Tomasz Konopka<sup>2</sup>

## Ocena użyteczności orzecha kokosowego jako modelu ludzkiej czaszki przy identyfikacji narzędzia zabójstwa An assessment of the usefulness of a coconut as a model of the human skull for forensic identification of a homicide weapon

<sup>1</sup> Studenckie Koło Naukowe Medycyny Sądowej, Uniwersytet Jagielloński Collegium Medicum, Kraków, Polska

<sup>2</sup> Katedra Medycyny Sądowej, Uniwersytet Jagielloński Collegium Medicum, Kraków, Polska

<sup>1</sup> Students' Research Association for Forensic Medicine, Jagiellonian University Collegium Medicum, Krakow, Poland

<sup>2</sup> Chair of Forensic Medicine, Jagiellonian University Collegium Medicum, Krakow, Poland

### Streszczenie

Autorzy podjęli próbę eksperymentalnego ustalenia, czy orzech kokosowy może być wykorzystywany jako model ludzkiej czaszki przy identyfikacji narzędzia użytego do zabójstwa. Do eksperymentu użyto 27 orzechów kokosowych, które uderzano za pomocą 9 różnych narzędzi. Wśród nich znalazły się autentyczne narzędzia zabójstw oraz narzędzia użyte w podobnych eksperymentach prowadzonych na ludzkich czaszkach w 1955 r. W zależności od wielkości powierzchni stykającej się z orzechem narzędzia powodowały powstanie włamań oddających kształt narzędzia, nieregularnych włamań lub długich linijnych pęknięć. Uzyskane wyniki pokazują, że orzech kokosowy mógłby służyć jako tani, „przesiewowy” model czaszki, jednak tylko do identyfikacji narzędzi małych rozmiarów.

**Słowa kluczowe:** model czaszki, identyfikacja narzędzia zbrodni, zabójstwo.

### Abstract

The authors made an attempt to verify if a coconut can be used as a model of human skull to determine the homicide weapon. During our experiment 27 strike attempts were performed with the use of 9 different tools. Among them there were authentic murder weapons and instruments which had been used in similar experiments conducted on human skulls in 1955. Depending on the size of an area in contact with a coconut, weapons caused dents corresponding to the shape of a weapon, irregular fractures or long linear cracks. Our results have shown that coconut can be used as an inexpensive screening model of human skull, but only to determine fractures made by tools with small striking surface.

**Key words:** model of human skull, identification of weapon, homicide.

### Wprowadzenie

Obrażenia głowy zadane tępyim narzędziem są oprócz ran kłutych jedną z głównych przyczyn zgonu

### Introduction

Head injuries inflicted with a blunt instrument are, next to puncture wounds, one of the major

wśród ofiar zabójstw [1]. W toku postępowania mającego wyjaśnić dokładne okoliczności zdarzenia oraz wskazać sprawcę bardzo często kluczowe okazuje się potwierdzenie bądź wykluczenie danego narzędzia zbrodni. Dzisiejsza nauka dysponuje wieloma potencjalnymi metodami mogącymi pomóc w ustaleniu, jakim przedmiotem posługiwał się sprawca zadając uderzenia w głowę [2]. W najbliższym czasie znajdują zastosowanie komputerowe modele czaszek z obrażeniami, uzyskane za pomocą pośmiertnej tomografii (PMCT) [3]. Będzie to jednak kosztowne i wymaga specjalistycznej aparatury. Bardzo przydatny byłby tani, łatwo dostępny model służący do zawężenia kręgu narzędzi, które w dalszym toku postępowania zostałyby zbadane kosztowniejszymi i bardziej rzetelnymi metodami. Taki model pozwoliłby zredukować czas oraz koszty procedur medyczno-sądowych. Obecnie wiele ośrodków w tym celu używa masy plastycznej, która ma służyć do określania najbardziej prawdopodobnego kształtu obrażenia, jakie powinno powstać na skutek działania dowodowego narzędzia. Masa plastyczna ma jednak wady. Między innymi nie mogą powstać w niej pęknięcia typowe dla kości czaszki, których charakterystyczny układ często jest kluczowy przy identyfikacji.

Założeniem niniejszej pracy było sprawdzenie, czy orzech kokosowy (*Cocos nucifera*) może służyć jako tani i prosty model sklepienia ludzkiej czaszki, wykorzystywany w celu wstępnej identyfikacji narzędzia, którym dokonano włamania w kościach. Podobne próby zostały przeprowadzone na mniejszą skalę i w inny sposób przez duńskich badaczy z Katedry Medycyny Sądowej Uniwersytetu Medycznego w Kopenhadze [4]. Ich wnioski sugerują, że orzech kokosowy może być rozważany jako model ludzkiej czaszki. Wysiłki autorów niniejszej pracy skupiły się na weryfikacji tej tezy oraz ustaleniu, dla jakiego typu narzędzi jest on najbardziej miarodajny. Ponadto starano się określić graniczną powierzchnię uderzającego przedmiotu, przy której dochodzi do powstania włamania, a nie tylko liniowego pęknięcia.

Orzech kokosowy ma wiele cech, które czynią go podobnym do ludzkiej czaszki. Po pierwsze jest w przybliżeniu kulisty, co powoduje, że siły działające na jego skorupę zachowują się podobnie jak te działające na głowę człowieka. Po drugie jego ściany są twarde, co umożliwia powstawanie pęknięć, które można porównywać ze złamaniami na kościach

causes of death among homicide victims [1]. In the course of the proceedings aimed at explaining the precise circumstances of the event and identification of its perpetrator, it is often of key importance to confirm or rule out a given instrument of crime. Today's science has at its disposal numerous potential methods that can be used to help determine the weapon used by the perpetrator administering a blow in the victim's head [2]. In near future, computer models of injured skulls obtained with the post-mortem computed tomography (PMCT) will find their application [3]. However, this is going to be a costly method requiring specialist equipment. An inexpensive, easily accessible model for narrowing the range of crime instruments for later examination with more expensive and reliable methods would be very expedient. Such a model would make it possible to reduce time and costs of forensic procedures. Currently many research centres use plastic mass to determine the most probable wound shape that should be obtained as a result of the use of a certain instrument held as evidence. However, plastic mass has its disadvantages, one of them being that it cannot produce cracks that are typical for skull bones. The characteristic pattern of such cracks is often a key factor for the weapon identification.

The assumption of the present study was to verify whether a coconut (*Cocos nucifera*) may serve as an inexpensive and simple model of the human skull cap for preliminary identification of the weapon used to fracture skull bones. Similar tests were performed on a smaller scale and using a different methodology by Danish researchers from the Department of Forensic Medicine of the Medical University in Copenhagen [4]. Their conclusions suggest that a coconut may be taken into consideration as a human skull model. The efforts of the authors of the present study concentrated on the verification of that proposal and on determining the type of instruments for which the coconut model is the most conclusive. Also, an attempt was made to determine the limit of the striking tool surface that actually produces a fracture, not only a linear crack.

A coconut has got many features that make it similar to a human skull. First of all, it is approximately spherical, which makes the forces operating on its surface behave similarly as those operating on a human skull. Secondly, its walls are hard, which

ludzkiej czaszki. Nie bez znaczenia jest także fakt, że skorupa orzecha kokosowego ma grubość zbliżoną do kości ludzkiego sklepienia. Po trzecie jest wypełniony cieczą, a tuż pod skorupą znajduje się miękka tkanka, co znacząco przypomina warunki anatomiczne ludzkiej czaszki. Te właściwości orzecha kokosowego oraz niska cena i łatwa dostępność skłoniły autorów do podjęcia badania.

## Cel pracy

Celem pracy jest eksperymentalne zweryfikowanie tezy, że orzech kokosowy można wykorzystywać jako model ludzkiej czaszki przy wstępnej identyfikacji narzędzia użytego do zadania obrażeń na sklepieniu czaszki.

## Materiał i metody

Do doświadczenia użyto 27 orzechów kokosowych. Nie były one poddawane żadnym modyfikacjom (wykorzystano całe owoce z naturalną zawartością). W eksperymencie użyto 9 narzędzi: haka z tępym końcem (ryc. 1.), siekierki (ryc. 2.), młotka warsztatowego (ryc. 3.), toporka strażackiego bez modyfikacji (ryc. 4.), toporka strażackiego z ułamanym końcem (ryc. 5.), pogrzebaczka (ryc. 6.), młotka szewskiego (ryc. 7.), repliki kamiennej siekiery neolitycznej (ryc. 8.), repliki siekiery neolitycznej z brązu (ryc. 9.). Do badania użyto m.in. młotka szewskiego – narzędzia zabójstwa z przypadku badanego w krakowskim ZMS w okresie międzywojennym. Ślady na orzechach kokosowych porównano ze śladami włamań na kościach sklepienia czaszki przechowywanych w muzeum ZMS w Krakowie, pochodzącymi z eksperymentów przeprowadzonych przez Smolagę i wsp. [5] w 1955 r.

Badania zostały przeprowadzone w sali sekcyjnej Zakładu Medycyny Sądowej w dniach 3–7 marca 2014 r.

Orzechy kokosowe ułożono na wypoziomowanym postumencie, dodatkowo stabilizując je poprzez obłożenie bawełnianym materiałem. Każdy owoc uderzany był jednokrotnie wybranym narzędziem przez studenta Collegium Medicum. Osoby uczestniczące w eksperymencie ubrane były w odzież ochronną. Wykonano 3 serie doświadczenia. Rezultaty kolejnych prób zostały opisane i sфотографowane.

allows for the origination of cracks comparable to those appearing on the skull. The fact that the coconut shell has the thickness similar to the bone of the human skull cap is also not without significance. Thirdly, a coconut is filled with liquid and has a soft tissue right under the shell, which significantly approximates the anatomical conditions of a human skull. All these coconut properties combined with low price and easy access were what made the authors undertake their study.

## Aim of the study

This study aims at experimental verification of the proposition that coconuts may be used as models of a human skull for the preliminary verification of a weapon used to inflict injuries of the cranial vault.

## Material and methods

Twenty-seven coconuts were used for the experiment. The coconuts were not subject to any modifications (unmodified whole fruit with natural contents were used). The nine instruments used in the experiment were as follows: a blunt-ended hook (Fig. 1), a hatchet (Fig. 2), a mechanic's hammer (Fig. 3), a firefighter's pick head axe without any modifications (Fig. 4), a firefighter's axe with its sharp end broken (Fig. 5), a poker (Fig. 6), a claw hammer (Fig. 7), a replica of a Neolithic stone axe (Fig. 8), and a replica of a Neolithic bronze axe (Fig. 9). One of the instruments used, the claw hammer, was the actual murder weapon from the case investigated by the Cracow Forensic Medicine Department between the two world wars. Traces on coconuts were compared to breaking traces on cranial vault bones kept in the forensic medicine museum at the Cracow Forensic Medicine Department from the experiments conducted by Smolaga *et al.* [5] in 1955.

The investigation was carried out in the post-mortem room of the Forensic Medicine Department between 3 and 7 March 2014.

The experiment was carried out with the coconuts placed on a levelled pedestal and additionally stabilized with cotton material. Each fruit was struck once with a selected tool by a student of the Collegium Medicum. Experiment participants were dressed in protective clothing. Three series of the

## Wyniki

### Doświadczenie 1. Hak

Uderzenia dokonano tępym, zaokrąglonym końcem metalowego haka o powierzchni uderzającej ok. 4 cm<sup>2</sup>. Rezultatem było koliste włamanie w skorupie kokosa. Charakterystyczny ślad uzyskano we wszystkich trzech próbach. Bardzo zbliżony kształt włamania uzyskano w badaniu Smolagi i wsp. w wyniku uderzenia czaszki ośmioboczną powierzchnią obucha młotka metalowego (ryc. 1.).

### Doświadczenie 2. Tylna powierzchnia obucha siekierki

Próbie wykonano przy użyciu obucha metalowej siekierki. Otrzymano włamanie, które po części oddawało kształt sprawdzanego narzędzia, oraz poprzeczne pęknięcie skorupy. Przedstawiony ślad otrzymano w przypadku jednego powtórzenia. W 2 pozostałych próbach uzyskano niecharakterystyczne pęknięcie orzecha kokosowego. Obserwowana różnica wynikała z zaangażowanej w uderzenie powierzchni przedmiotu. W przypadku uderzenia

experiment were performed. The test results were described and photographed.

## Results

### Experiment no. 1. Hook

The strokes were administered with a blunt, rounded end of a metal hook with the striking area of approx. 4 cm<sup>2</sup>. The result was a circular dent in the coconut shell. The characteristic trace was obtained in all three tests. A very similar dent shape was obtained by Smolaga *et al.* as a result of striking the skull with an octagonal surface of the metal hammer head (Fig. 1).

### Experiment no. 2. Back surface of the hatchet blunt end

The test was performed with the head of a metal hatchet. The dent obtained partly reflected the shape of the instrument used and the shell also cracked transversely. The said pattern was obtained in one test, while in the remaining 2 instances non-characteristic cracking occurred. The observed difference resulted from the difference in the surface area of the



**Ryc. 1.** Efekt uderzenia orzecha kokosowego tępym końcem haka i włamanie otrzymane przez Smolagę i wsp.  
**Fig. 1.** Coconut showing fracture which was made by the blunt end of the hook and depressed skull fracture obtained by Smolaga *et al.*





**Ryc. 2.** Efekt uderzenia orzecha kokosowego obuchem siekiery i podobne włamanie uzyskane przez Smolagę i wsp.

**Fig. 2.** Coconut with evidence of damage caused by the blunt end of hatchet and similar depressed skull fracture obtained by Smolaga *et al.*

dużą powierzchnią (płaską częścią obucha) efektem było tylko pęknięcie. W wyniku uderzenia fragmentem o niewielkiej powierzchni (narożnik obucha) uzyskano charakterystyczne włamanie z wykruszeniem drobnych fragmentów. Cała płaska część obucha ma powierzchnię 6 cm<sup>2</sup>, natomiast powierzchnia kontaktu przy uderzeniu narożnikiem nie przekraczała 2,5 cm<sup>2</sup>.

Bardzo podobny ślad otrzymano we wspomnianym badaniu z 1955 r., gdy uderzono czaszkę kwadratową powierzchnią obucha młotka metalowego (ryc. 2.).

### **Doświadczenie 3. Młotek warsztatowy – koniec ostry**

W tym przypadku orzech został uderzony wąską krawędzią młotka, o powierzchni uderzającej 1,5 cm<sup>2</sup>. W jednym przypadku uzyskano poprzeczne włamanie, przypominające ślad uzyskany w analogicznym eksperymencie przeprowadzonym na modelu ludzkiej czaszki przez Smolagę i wsp. (ryc. 3.). Dwukrotnie otrzymano rezultat w postaci całkowitego poprzecznego pęknięcia skorupy.

tool actually engaged in the blow. If the striking instrument has a large surface (e.g. flat part of the blunt end) the blow results in a crack only. Striking with a fragment of a small surface (e.g. blunt end corner) produced a characteristic fracture with crumbling of small fragments. The entire flat part of the blunt end had a surface of 6 cm<sup>2</sup>, while the contact surface of the blunt end corner did not exceed 2.5 cm<sup>2</sup>.

A very similar trace was obtained in the above-mentioned 1955 study, when a skull was hit with a square surface of the blunt end of the metal hammer (Fig. 2).

### **Experiment no. 3. Mechanic's hammer – sharp end**

In that case, a coconut was hit with the narrow edge of the hammer, the striking area being 1.5 cm<sup>2</sup>. In one instance, a transverse dent was obtained resembling the trace obtained in the similar experiment conducted by Smolaga *et al.* (Fig. 3). In the remaining two instances the result was the total transverse cracking of the coconut shell.



**Ryc. 3.** Młotek warsztatowy – efekt uderzenia orzecha kokosowego ostrym końcem (strzałki pokazują zakres włamań) i podobne włamanie uzyskane przez Smolagę i wsp.

**Fig. 3.** Coconut with evidence of damage caused by the sharp end of mechanic's hammer (arrows point at borders of fracture) and the similar skull fracture obtained by Smolaga *et al.*

#### **Doświadczenie 4. Toporek strażacki bez uszkodzeń**

Do wykonywania uderzeń wykorzystano tylko wąski koniec toporka strażackiego (tzw. kolec), kwadratowy na przekroju, o powierzchni 0,5 cm<sup>2</sup>. Podczas zadawania uderzeń starano się tak ustawić narzędzie, aby długa oś stalowej części toporka w momencie kontaktu ustawiona była pod kątem prostym do owocu. Otrzymane włamanie prawie idealnie odwzorowywało kształt narzędzia. We wszystkich trzech próbach otrzymano porównywalne wyniki. Na skorupie nie powstały dodatkowe pęknięcia, co prawdopodobnie związane jest z małą powierzchnią uderzającą narzędzia. Analogiczny rezultat otrzymano w badaniu z 1955 r. podczas uderzenia czaszki ostrym końcem pilnika (ryc. 4.).

#### **Doświadczenie 5. Toporek strażacki z ułamanym końcem**

Do przeprowadzenia tej próby użyto prawie identycznego toporka strażackiego, z tą jednak różnicą, że

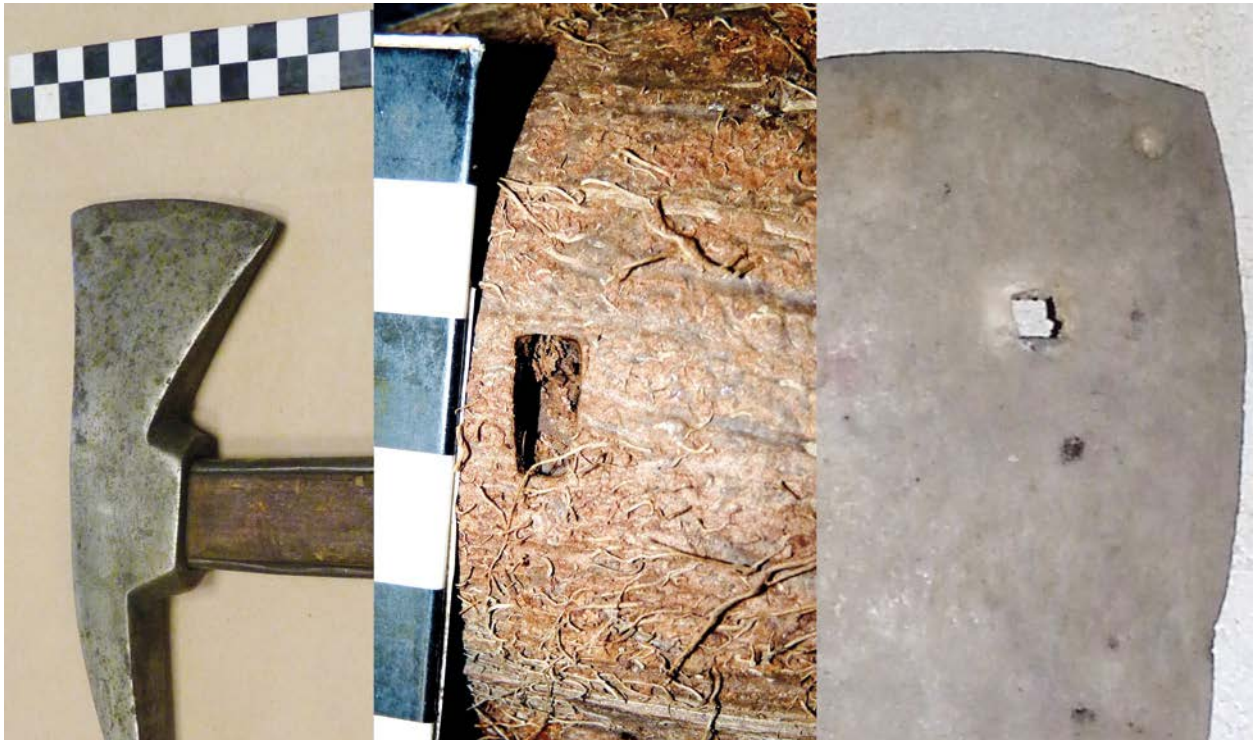
#### **Experiment no. 4. Firefighter's pick head axe without modifications**

Only the narrow end of the pick head axe (the 'pick'), square in cross-section, of the surface of 0.5 cm<sup>2</sup>, was used. When administering blows, the persons performing the experiment tried to position the tool in such a way as to have the long axis of the steel part of the axe placed at a straight angle to the fruit when striking it. The obtained fracture almost ideally reflected the shape of the tool. Comparable results were obtained in all three tests. No additional cracks appeared on the shell, which is probably connected with the small striking surface of the instrument. A similar result was obtained in the 1955 experiment when striking the skull with the sharp end of a file (Fig. 4).

#### **Experiment no. 5. Firefighter's axe with a broken end**

This experiment was performed with a tool that was almost identical as the previous firefighter's axe





**Ryc. 4.** Toporek strażacki – efekt uderzenia orzecha kokosowego ostrym końcem i podobne włamanie otrzymane przez Smolagę i wsp.

**Fig. 4.** Coconut with evidence of damage caused by the firefighter's pick head axe and the similar skull fracture obtained by Smolaga *et al.*



**Ryc. 5.** Wierne odwzorowanie powierzchni uderzającej toporka strażackiego z ułamanym końcem, z pozostawionym włamaniem o cechach indywidualnych

**Fig. 5.** Coconut with evidence of damage caused by the firefighter's axe with a specific modification. The mark obtained on the coconut shell is a negative copy of the striking surface of the pick head axe with a broken end



miał on ukruszoną w charakterystyczny sposób szczytową część kolca, którym dokonywano uderzenia. Włamania pozostawione przez narzędzie na skorupie orzecha kokosowego miały charakterystyczną nierówność, która była niemalże negatywem specyficznego kształtu przedmiotu. Również w tym przypadku nie powstały dodatkowe pęknięcia (ryc. 5). Obserwacja ta dowodzi, że orzech kokosowy nadaje się doskonale do symulacji uderzeń narzędziami o małej powierzchni uderzającej, które dodatkowo posiadają unikalne zmiany strukturalne. W takich przypadkach badacz może dokładnie określić, jakie narzędzie spowodowało obrażenia ofiary.

### Doświadczenie 6. Pogrzebacz

Uderzeń dokonywano tępą stroną pogrzebacza, w ten sposób, że podczas kontaktu pogrzebacza ze skorupą orzecha kokosowego oś długa narzędzia znajdowała się równoległe do powierzchni. Na skutek uderzenia w jednym przypadku powstało podłużne włamanie, a w pozostałych próbach orzech pękł podłużnie (ryc. 6.). Otrzymanych rezultatów nie można uznać za specyficzne. Powierzchnię uderzającą należy ocenić na ok. 5–6 cm<sup>2</sup>.

but the top part of the pick section used to administer the blow was characteristically broken. The fractures left on the coconut shell had a specific irregularity that was almost a negative copy of the specific shape of the tool. No additional cracking was observed either (Fig. 5). This observation proves that a coconut is perfectly suited for use in simulations made with the use of tools characterized by small striking surface and additionally by unique structural modifications. In such cases, a researcher is able to determine precisely which tool caused the victim's injury.

### Experiment no. 6. Poker

Blows were administered with the blunt end of the poker so that when the poker came into contact with the coconut shell the long axis of the instrument was parallel to the fruit surface. In one instance the striking resulted in an elongated fracture and in the remaining two tests the coconut cracked lengthwise (Fig. 6). The obtained results cannot be considered specific. The striking area should be estimated at approx. 5–6 cm<sup>2</sup>.



**Ryc. 6.** Pogrzebacz – efekty uderzenia orzecha kokosowego  
**Fig. 6.** Coconut with evidence of damage caused by the poker



## Doświadczenie 7. Młotek szewski

Uderzano wąską częścią młotka, służącą do wyrywania gwoździ, składającą się z dwóch części, każda o powierzchni 0,5 cm<sup>2</sup>. Obraz uzyskany podczas tej próby jest charakterystycznym bliźniaczym włamaniem, będącym negatywem użytego narzędzia. We wszystkich 3 powtórzeniach otrzymano podobne rezultaty.

Identyczne ślady powstały na czaszce ofiary zabójstwa z okresu międzywojennego dokonanego tym samym narzędziem (ryc. 7.). Dlatego też z przyczyn historycznych jest to najbardziej spektakularna część doświadczenia autorów.

W 2011 r. w Koszycach niedaleko Krakowa odkryto grób neolityczny, z piętnastoma szkieletami noszącymi na czaszkach ślady uderzeń. Po dokładnej analizie stwierdzono, że prawdopodobną przyczyną śmierci pochowanych były obrażenia zadane ciosem w głowę. W mogile znaleziono również ostrza siekier z epoki. Przedstawione fakty spowodowały rozszerzenie przedstawionego badania o repliki dwóch na-

## Experiment no. 7. Claw hammer

The blow was made with the narrow part of the hammer used for extracting nails, consisting of two sections, each of the surface of 0.5 cm<sup>2</sup>. The pattern obtained in the test is a characteristic twin fracture being a negative imprint of the tool used. Similar results were obtained in all the three instances.

Identical traces were left on the skull of a homicide victim from the interwar period murdered with the same tool (Fig. 7). Therefore, for historical reasons, it was the most spectacular part of our experiment.

In 2011, a Neolithic grave was discovered in Koszyce near Cracow, with fifteen skeletons bearing traces of blow impacts on the skulls. After a thorough analysis it was found that death had probably been caused by injuries administered with blows in the head. Blades of axes from the same period were also found on site. Those facts made the authors widen the scope of the experiment to include replicas



**Ryc. 7.** Młotek szewski – efekt uderzenia orzecha kokosowego i fragment sklepienia czaszki ofiary zabójstwa dokonanej tym narzędziem

**Fig. 7.** Coconut with evidence of damage caused by the claw hammer and skull of homicide victim who was struck with the same tool

rzędzi neolitycznych z grobowca, które potencjalnie mogły posłużyć do zadania śmiertelnych obrażeń.

### Doświadczenie 8. Replika kamiennej siekiery neolitycznej

Uzyskane rezultaty obejmowały w każdej próbie powstanie charakterystycznego podłużnego włamania, które mogłoby posłużyć do identyfikacji narzędzia (ryc. 8.). Nieregularną powierzchnię uderzającą należy określić na ok. 1,5 cm<sup>2</sup>.

### Doświadczenie 9. Replika siekiery neolitycznej z brązu

Wykonane z brązu i rogu zwierzęcego narzędzie przy uderzeniu środkiem szerokości ostrza pozostawiło na powierzchni orzecha kokosowego włamanie, którego powierzchnia była nieco większa niż powierzchnia uderzającego przedmiotu (3 cm<sup>2</sup>). Przy uderzeniu narożem ostrza obrys przypominał kształt fragmentu, który wgłębił się przy uderzeniu (ryc. 9.).

## Omówienie

W 1955 r. w Zakładzie Medycyny Sądowej Akademii Medycznej w Krakowie Smolaga i wsp. prze-

of two Neolithic weapons from the burial site that could be used to administer those fatal blows.

### Experiment no. 8. Replica of a Neolithic stone axe

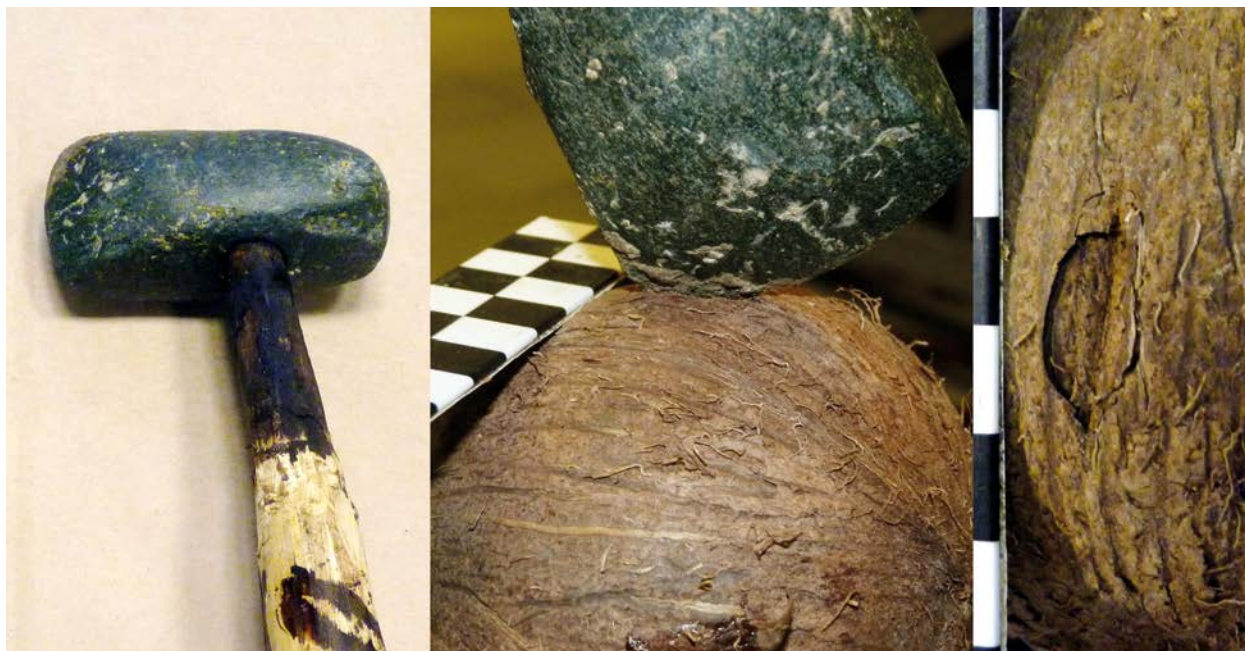
The results obtained in each test were characteristic oblong fractures that could be used to identify the weapon (Fig. 8). The irregular striking surface is estimated as approx. 1.5 cm<sup>2</sup>.

### Experiment no. 9. Replica of a Neolithic bronze axe

The blow with the middle part of the blade of that tool (made of bronze and animal horn) left a fracture on the coconut surface whose area was slightly bigger than the surface of the striking tool (3 cm<sup>2</sup>). When the shell was struck with a corner of the blade, the contour resembled the shape of the fragment that got depressed into the shell as a result of the blow (Fig. 9).

## Discussion

In 1955 Smolaga *et al.* carried out an experiment in the Department of Forensic Medicine of



**Ryc. 8.** Efekty uderzenia orzecha kokosowego ostrzem repliki kamiennej siekiery neolitycznej  
**Fig. 8.** Coconut with evidence of damage caused by the replica of the Neolithic stone axe





**Ryc. 9.** Replika siekiery neolitycznej z ostrzem z brązu, ślad uderzenia krzywizną ostrza i narożnikiem ostrza  
**Fig. 9.** Replica of a Neolithic axe with its blade made of bronze. Coconut with evidence of damage caused by the corner and the curvature of the blade of the Neolithic axe

prowadzili eksperyment, podczas którego uderzano w ludzkie czaszki 9 różnymi narzędziami. Wykonano i opisano 17 doświadczeń. Głównym wnioskiem pracy było stwierdzenie, że narzędzia o powierzchni mniejszej niż 20 cm<sup>2</sup> pozostawiają na sklepieniu ludzkiej czaszki charakterystyczne włamania. Ślady powstałe w wyniku użycia przedmiotów o większej powierzchni uderzającej mają jedynie charakter liniowych pęknięć. Opisywane wyżej doświadczenia nawiązywały do badań przeprowadzonych już w 1888 r. przez Paltauf, również na zwłokach ludzkich [6]. Należy zwrócić uwagę, że choć badania takie z punktu widzenia nauki mają nieocenioną wartość, obecnie są etycznie wątpliwe i w celu dalszego pogłębienia wiedzy w tej tematyce konieczne są eksperymenty na modelach czaszek.

Pomysł wykorzystania do tego celu orzecha kokosowego opisano w artykule opublikowanym w 2008 r. w „The Open Anthropology Journal” przez naukowców z Zakładu Medycyny Sądowej Uniwersytetu w Kopenhadze [4]. Do przeprowadzenia ekspery-

the Cracow Medical Academy in which human skulls were struck with 9 different instruments. The total of 17 experiments were performed and described. The main conclusion of the study was that instruments with the striking surface less than 20 cm<sup>2</sup> left characteristic fractures on human skulls, while those with larger surfaces left only linear cracks. The experiments conducted referred to the research carried out as early as 1888, also on human bodies, by Paltauf [6]. It should be stressed that although that research is of great value from the scientific point of view, it is currently viewed as ethically dubious and experiments on skull models are now necessary to explore the matter further.

The idea of using a coconut for that purpose was described in an article published in 2008 in “The Open Anthropology Journal” by scientists from the Department of Forensic Medicine of the University of Copenhagen [4]. Four tools and 44 coconuts

mentu użyto czterech narzędzi oraz 44 orzechów kokosowych. Wyniki opublikowane przez duński zespół sugerują, że należy rozważyć użycie orzechów kokosowych jako taniego modelu przesiewowego służącego do zawężenia grupy narzędzi, które w dalszej części dochodzenia będą testowane z użyciem droższych i bardziej wyrafinowanych metod.

Rezultaty niniejszego badania potwierdzają, że orzech kokosowy może być używany jako tani, „przesiewowy” model służący do wykonywania dowodowym narzędziem prób, mających na celu określenie wyglądu i charakteru śladu, jaki to narzędzie może zostawiać na kościach ludzkiej czaszki. Orzech kokosowy nadaje się też do zawężania kręgu domniemyanych przedmiotów użytych przez sprawcę oraz wykluczenia najmniej prawdopodobnych. Wstępne badania z użyciem orzecha kokosowego stanowiłyby uzasadnienie do przeprowadzenia kolejnych, bardziej specjalistycznych i droższych badań na ograniczonej grupie narzędzi.

Otrzymane wyniki pozostają w zgodzie z publikacją Engkjaer-Christensena i wsp. [4]. Jak jednak pokazały obecne próby, odwzorowanie kształtu przedmiotu (włamanie) powstaje tylko przy użyciu narzędzia o małej powierzchni – jeszcze mniejszej niż w doświadczeniu Smolagi na czaszkach ludzkich [5]. Pomiary narzędzi użytych w niniejszym eksperymencie wskazują, że graniczna powierzchnia narzędzia powodująca powstanie włamania (wgłębienia odłamka powierzchni lub jego fragmentów) wynosi dla orzecha kokosowego ok. 4 cm<sup>2</sup>. Dla porównania dla ludzkiej czaszki wg badań Smolagi powierzchnia ta wynosi ok. 20 cm<sup>2</sup> [5], a w badaniach Gurdjiana nawet 15 cm<sup>2</sup> [7]. W tym zatem zakresie orzech kokosowy nie sprawdza się jako model ludzkiej czaszki. Można go wykorzystywać tylko do identyfikacji narzędzi o powierzchni mniejszej niż 4 cm<sup>2</sup>.

Ważny wydaje się także charakter uderzenia wykonywanego podczas zadawania ciosu, indywidualny dla każdego narzędzia. W toku eksperymentu ustalono również, że siła uderzenia podczas wykonywania próby musi być odpowiednia. Zbyt silne uderzenia powodują roztrzaskanie orzecha kokosowego i powstanie niecharakterystycznych śladów (ryc. 6.), natomiast zbyt słabe nie pozostawiają włamań, które można byłoby porównywać. Oczywiście rodzaj włamania zależy nie tylko od pola powierzchni kontaktu narzędzia i siły uderzenia (czyli energii urazu), lecz także od prędkości uderzenia [7, 8], jednak zakres przeprowadzonych eksperymentów nie pozwalał na pomiar tego parametru.

were used for the experiment. The results published by the Danish team suggest that coconuts should be considered as inexpensive screening models for narrowing the group of probable instruments which should later be analysed with more expensive and refined methods.

The results of the present experiment confirm that a coconut may be used as an inexpensive screening model for tests performed with the use of a tool constituting material evidence in order to determine the appearance and nature of the trace that the tool may leave on the bones of a human skull. A coconut is also useful for narrowing the range of potential murder weapons used by the perpetrator and for ruling out the least probable ones. Preliminary tests with the use of coconuts would serve as the basis for carrying out further, more specialist and expensive tests on a limited group of instruments.

The obtained results are consistent with the publication by Engkjaer-Christensen *et al.* [4]. However, as current tests have revealed, an imprint of the tool shape (depressed fracture) is obtained only when a small surface tool is used – even smaller than in Smolaga’s experiment on human skulls [5]. The measurements of the tools used in this experiment indicate that the maximum tool surface resulting in a fracture (with a single piece or several fragments depressed) is approx. 4 cm<sup>2</sup> for a coconut. In comparison, according to Smolaga’s study, this value is approx. 20 cm<sup>2</sup> for a human skull [5], and in Gurdjian’s research even 15 cm<sup>2</sup> [7]. Thus, in that range coconuts do not prove useful as models of human skulls. They can only be used for identification of tools with the [striking] surface less than 4 cm<sup>2</sup>.

The nature of the impact made at the moment of administering the blow, individual for each tool, also seems important. It has been found in the course of the experiment that the striking force must be appropriate. Too strong impacts cause the coconut shell to break entirely and produce uncharacteristic traces (Fig. 6), while too weak impacts do not leave fractures eligible for comparison. Obviously, the type of fracture depends not only on the contact area and the striking force (i.e. the impact energy) but also on the impact velocity [7, 8], yet the scope of the conducted experiments did not allow us to measure that parameter.



## Wnioski

1. Uzyskane wyniki pokazują, że orzech kokosowy może służyć jako prosty model wykorzystywany do określenia, w toku postępowania medyczno-sądowego, jakie narzędzie spowodowało włamanie w sklepieniu ludzkiej czaszki.
2. Graniczna powierzchnia narzędzia, przy której dochodzi do powstania włamania, wynosi dla orzecha kokosowego ok. 4 cm<sup>2</sup>.

## Podziękowanie

Autorzy dziękują stowarzyszeniu STATER za wykonanie oraz udostępnienie replik siekier neolitycznych na potrzeby doświadczenia.

*Autorzy deklarują brak konfliktu interesów.*

## Piśmiennictwo

### References

1. Mohanty S, Mohanty MK, Panigrahi MK, Das SK. Fatal head injury in homicidal victims. *Med Sci Law* 2005; 45: 244-248.
2. Oehmichen M, Auer RN, König HG. The book. *Forensic Neuropathology and Associate Neurology*. Springer-Verlag, Berlin 2009.
3. Woźniak K, Rzepecka-Woźniak E, Moskała A, Pohl J, Latacz K, Dybała B. Weapon identification using antemortem computed tomography with virtual 3D and rapid prototype modeling – a report in a case of blunt force head injury. *Forensic Sci Int* 2012; 222: e29-e32.
4. Engkjaer Christensen J, Jorkov ML, Lynnerup N. Using coconuts as a model for analyzing the injury pattern of cranial blunt trauma. *Open Anthropol J* 2008; 1: 33-37.
5. Smolaga J, Tomaszewski M, Koźmińska A. Studia krytyczne i doświadczalne nad rozpoznawaniem użytego narzędzia z wyglądu obrażenia. *Arch Med Sąd Psych Sąd Krym* 1955; 6: 132-148.
6. Paltauf A. Ueber die Gestalt der Schädelverletzungen. *Vierteljahrsschrift für gerichtliche Medizin und öffentliches Sanitätswesen* 1888; 48: 322-347.
7. Gurdjian ES, Webster JE, Lissner HR. The mechanism of skull fracture. *J Neurosurg* 1950; 7: 106-114.
8. Teresiński G. O ustalaniu okoliczności urazu głowy. *Arch Med Sąd Kryminol* 2002; 52: 65-83.

### Adres do korespondencji

Tomasz Konopka  
Katedra Medycyny Sądowej  
Uniwersytet Jagielloński Collegium Medicum  
e-mail: konopkat@wp.pl

### Address for correspondence

Tomasz Konopka  
Chair of Forensic Medicine  
Jagiellonian University Collegium Medicum  
e-mail: konopkat@wp.pl

## Conclusions

1. The obtained results show that a coconut may serve as a simple model used for determination, in the course of a forensic procedure, of the instrument used to fracture the human skull.
2. The maximum tool surface that produces a fracture is approx. 4 cm<sup>2</sup> for a coconut.

## Acknowledgements

The authors thank the STATER Association for the preparation of Neolithic axe replicas and making them available for the needs of the experiment.

*The authors declare no conflict of interest.*